



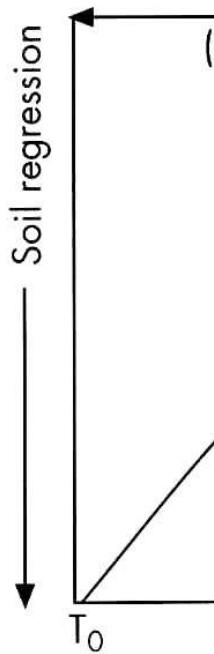
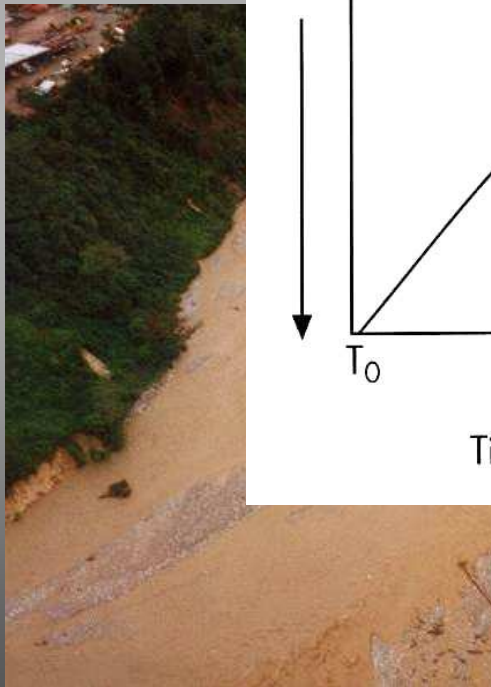
Lekce 5: Speciální pedogenetické procesy

1. Pedogenetický proces

Pedogeneze

progress

regression

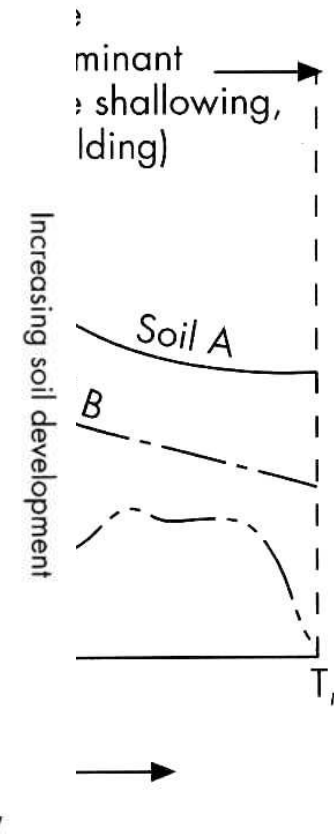
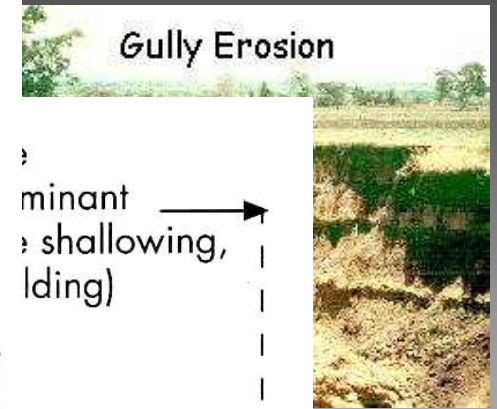


| Episodic erosion eroded soils | Original soil | Episodic deposition composite and compound soils | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--|---|--|
| C | A C | A 2Ab 2Cb | A 2Ab 2Cb | A 2Ab 2Cb |
| C Bw C | A Bwj or Bw C | A 2Ab 2Bwb 2Cb | A C 2Ab 2Bwb 2Cb | A 2Ab 3Ab 3Bwb 3Cb |
| Bw Bw C | O or A Bs or Ej Bw C | A 2Bsb 2Bwb 2Cb | A C or Bwj 2Bsb 2Bwb 2Cd | A 2Ab 3Bsb 3Bwb 3Cd |
| Bw Bs Bw C | O or A E Bs Bw C | A 2Eb 2Bsb 2Bwb 2Cb | A C or Bwj 2Eb 2Bsb 2Bwb 2Cd | A 2Ab Bwjb 3Eb 3Bsb 3Bwb 3Cd |

Increasing erosion

Increasing deposition

← Increasing soil development



2. Vstupní a výstupní složky

Složky pedogenetického procesu

vstupy

složky obohacující půdní profil (vegetace, vody, pohyby mas)

výstupy

složky ochuzující půdní profil (eroze, průsak, perkolace, ztráty živin, vody, plynů)

**přeměny,
přenosy**

přeměny nebo přenosy složek uvnitř půd. komplexu (fyz.+chem. zvětr.), trans. vodou



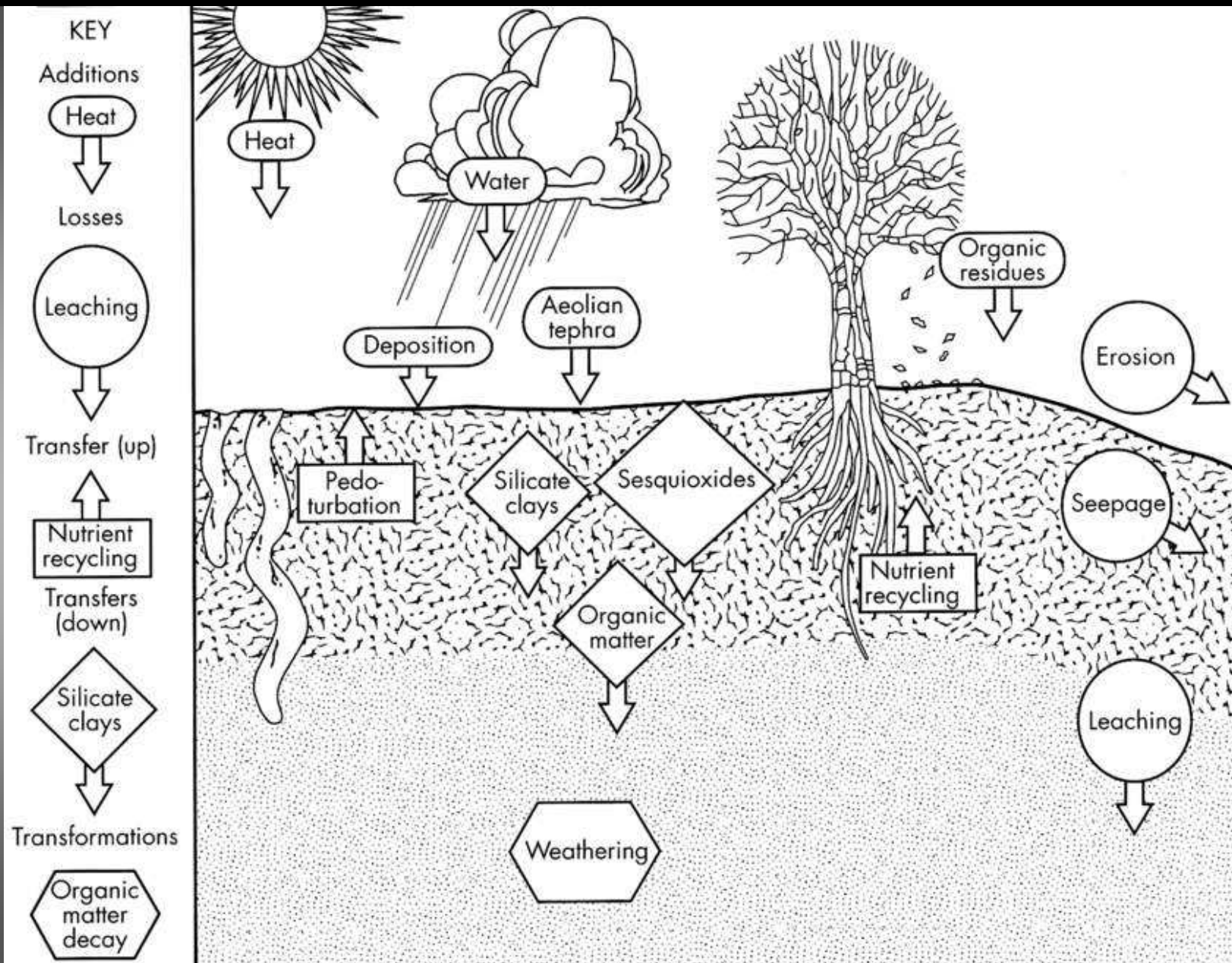
Vstupní složky pedogenetického procesu

- zvětrávání *in situ*
- přísun materiálu tekoucí vodou
- přínos eolického materiálu

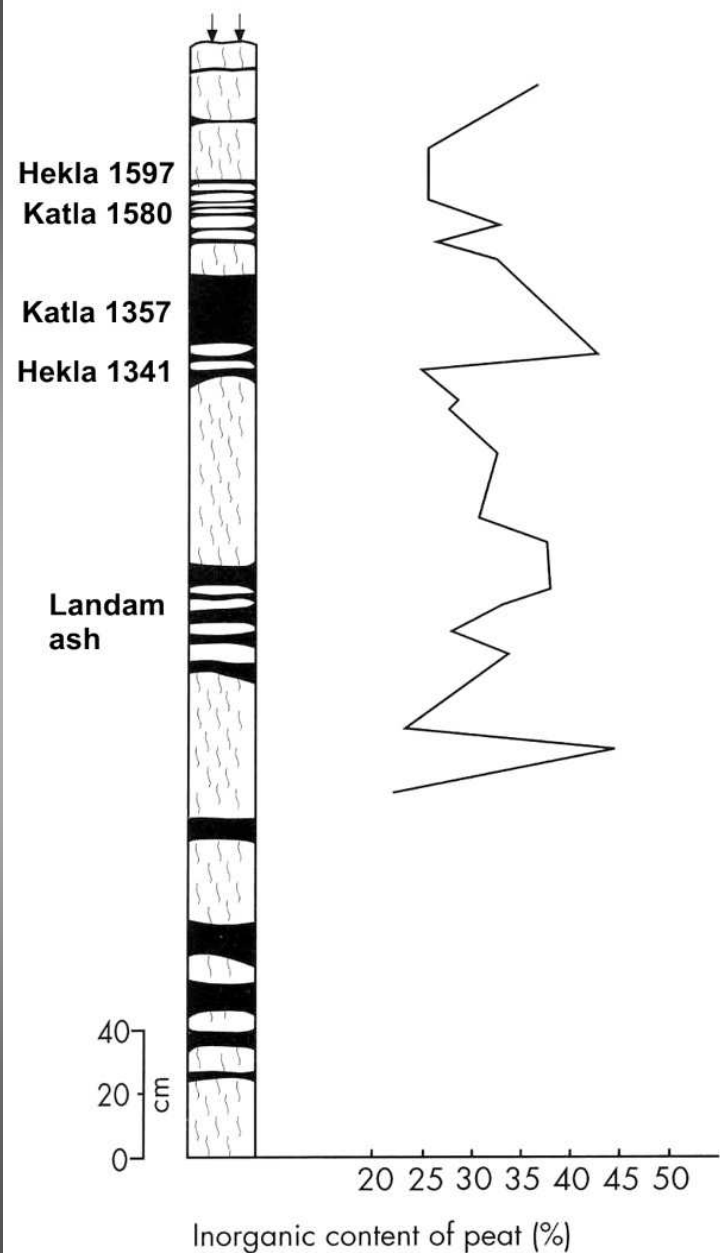
jíly – 20-40%
organ. C – 2,5-6,6%
karbonáty – 1,3-5,7%



2. Vstupní a výstupní složky



2. Vstupní a výstupní složky



Výstupní složky pedogenetického procesu

- suspenze
- roztok

Materiál v roztoku

neefektivní, málo
součástí odplaveno

stálý dostatek vody,
pomalý průtok,
odtok roztoků

optimální odnos
rychle rozpustných
složek

voda se v profilu
zdržuje dlouho -
rozpuštění

inten./čet.

inten./ČET.

INTEN./ČET.

INTEN./čet.

3. Procesy přeměn

Procesy přeměn

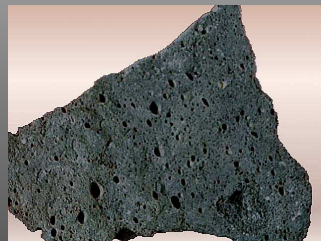
tlakové uvolnění

tepelné procesy

expanze ledu

expanze solí

biotické zvětrávání



povrchová
teplota

Min Max



Max spec. tep.
kapacita

Fyzikální zvětrávání

- pórovitost
- schopnost absorpce vody
- koeficient nasycení
- koeficient expanze
- tepelná vodivost

I. růst krystalů solí



II. hydratace solí

III. termální expanze solí



3. Procesy přeměn

Chemické zvětrávání

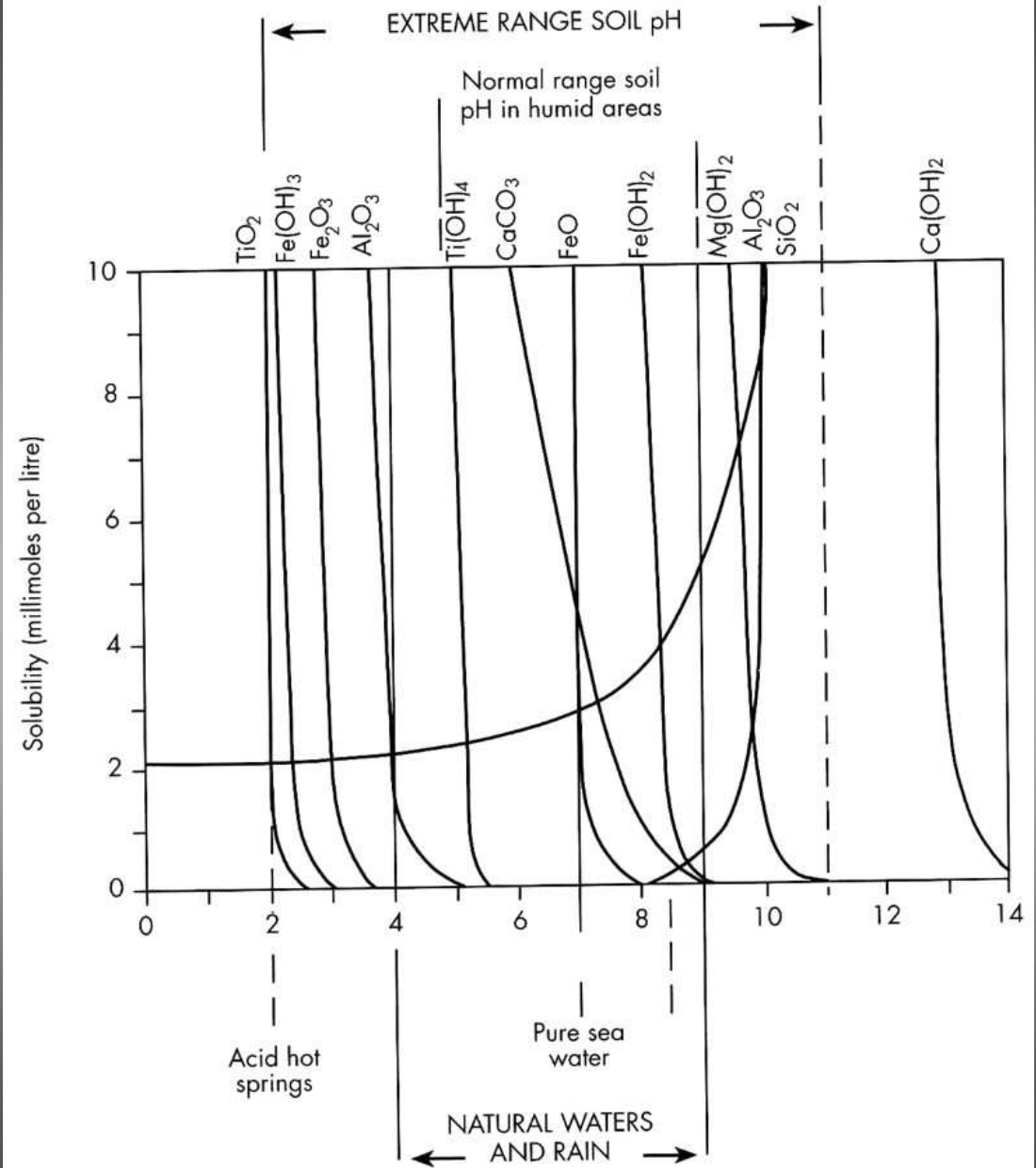
rozpouštění

disociace minerálů → komponent. ionty. Složení roztoku – závislé na teplotě, redox potenciálu a pH



Rozpustitelnost CO_2

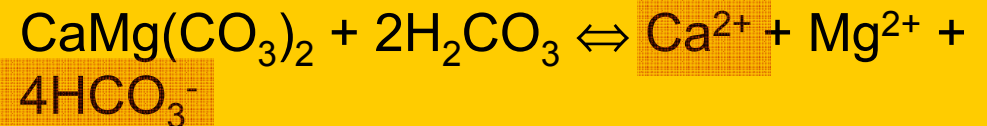
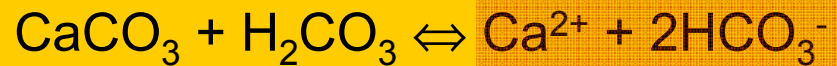
- koncentrace CO_2 ve vzduchu
- teplota



3. Procesy přeměn

karbonatizace

zvláště důležitý pro zvětrávání vápenců s kalcitem (CaCO_3) a dolomitem ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)



Zvětrávání živců



hydratace

sloučenina + voda
mřížky minerálů
(goethit)



Ex
so
C

ř.

3. Procesy přeměn

hydrolýza

zvětrávání silikátů (zvláště živců) → proces hydrolýzy, kationty minerálu nahrazeny ionty H^+ a hydroxidové anionty OH^- se vážou do struktury větrajících minerálů

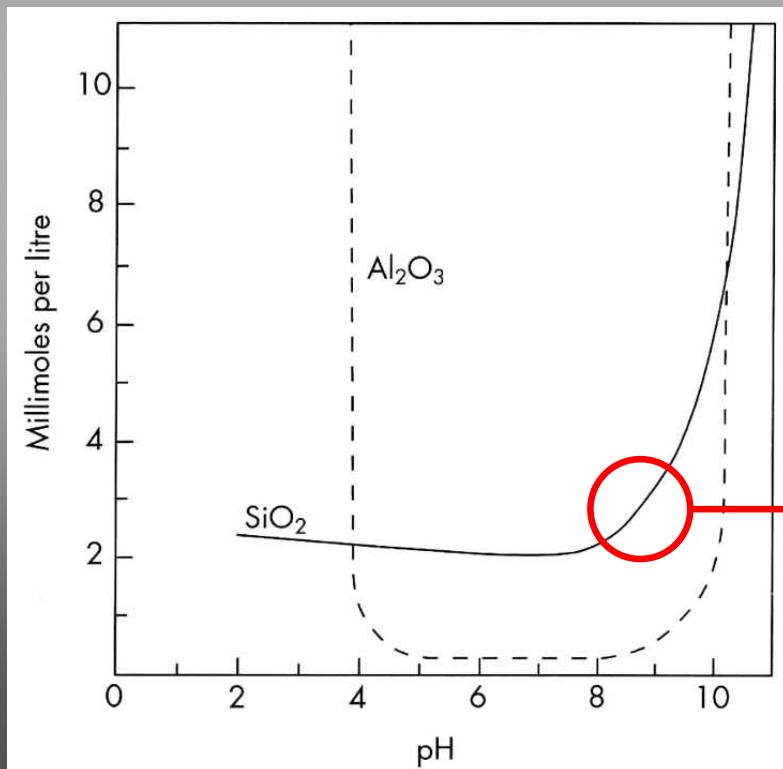
Rozpad živců



Zdroje H^+

albit

kaolinit



- disociace molekul H_2O
- $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$
- huminové kyseliny
- osmot. vým. H^+ a živin (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+)
- přítomnost H_2S

- ortoklas: pH 8; oligoklas: pH 9; albit: pH 10
- muskovit: pH 7; biotit: pH 8
- kalcit: pH 8; dolomit: pH 9

3. Procesy přeměn

oxidace / redukce

odebrání nebo přidání elektronů. Schopnost systému vytvářet oxidační nebo redukční reakce udává tzv. redox potenciál (Eh).

Aerobní prostředí

- snadný přístup k atmosféře
- přítomnost okysličených vod
- dobré odvodnění půd
- vysoké teploty
- rozklad organické složky

oxidace →



← redukce

Anaerobní prostředí

- příjemci elektronů jiné elementy
- zvodnělé půdní horizonty

- 200mV - silně redukční podmínky
- 750 mV - oxidační podmínky

- podzolové půdy – Eh 600-750
- černozemě – Eh 450-600

Oxidační procesy v půdě: mineralizace, nitrogeneze, nitrifikace, oxidace sulfidů, elementární síry, Fe^{2+} a Mn^{2+} .

Redukční pochody v půdě: hnití, rašelinění, denitrifikace, odsíření

chelace

Kovalentní vazby mezi kovovými atomy a org. molekulami

3. Procesy přeměn

Přeměny jílových minerálů

- přímé zvětrávání z primárních hornin
- transformace jednoho jílového minerálu na druhý

Přeměna živců

illit

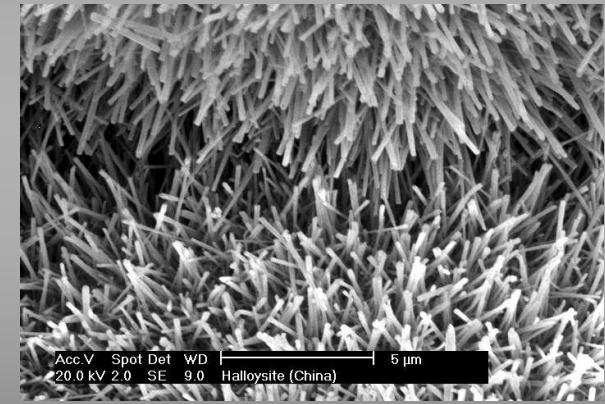
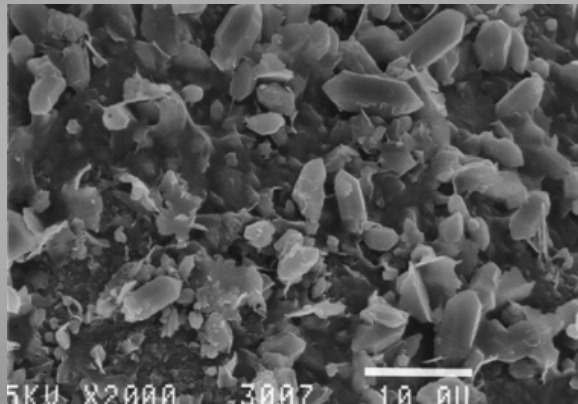
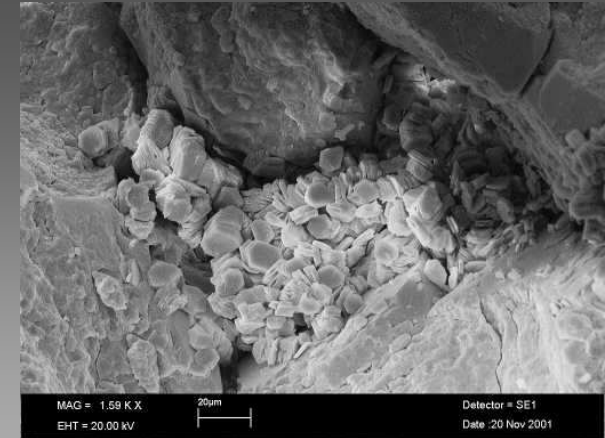
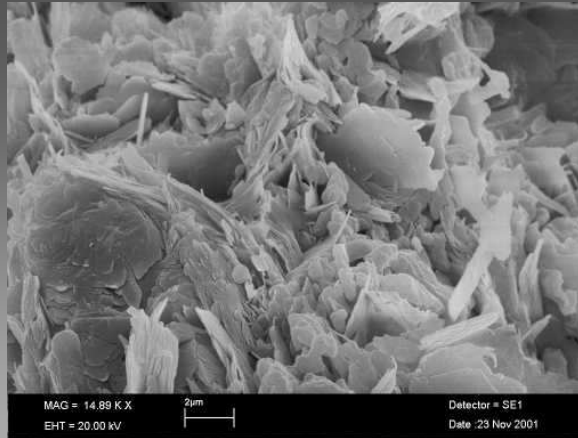
kaolinit + illit

smektit

kaolinit + smektit

smektit + kaolinit + halloysit

gibbsit



Hydrolýza živců

gibbsit ➡ kaolinit ➡ slída

živce nebo slídy → vermikulit + montmorillonit

3. Procesy přeměn

Indikátory zvětrávání

- poměry SiO_2 nebo Al_2O_3 nebo obou v půdách
- poměr křemene a živců
- poměr zirkonu a turmalínu k amfibolům a pyroxenům

Box 3.1

THE MORE COMMONLY USED CHEMICAL WEATHERING INDICES

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} \quad \text{silica : alumina ratio}$$

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \quad \text{silica : ferric oxide ratio}$$

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad \text{or} \quad \frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} \quad \text{silica : sesquioxide ratio}$$

$$\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3} \quad \text{alkali : alumina ratio}$$

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} \quad \text{alkali earth : alumina ratio}$$

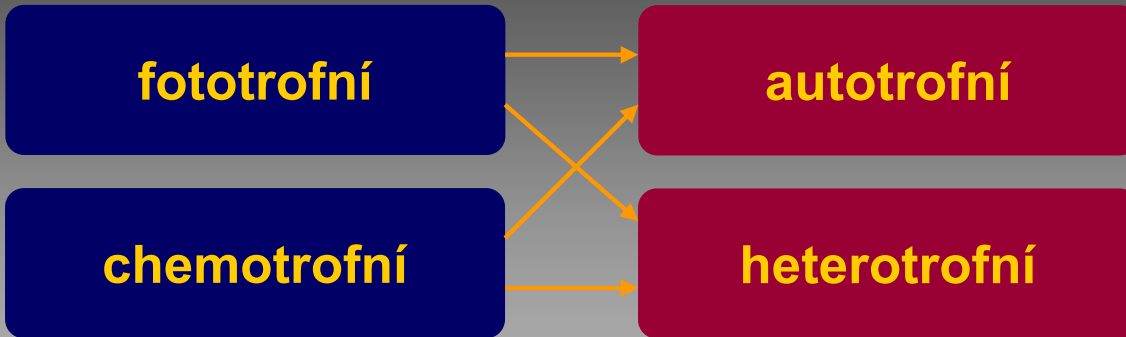
$$\frac{\text{CaO}}{\text{MgO}} \quad \text{calcic : magnesia ratio}$$

$$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}} \quad \text{potassic : sodic ratio}$$

$$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{SiO}_2} \quad \text{potassic : silica ratio}$$

3. Procesy přeměn

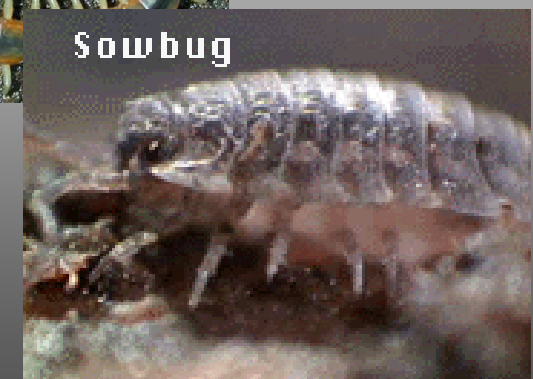
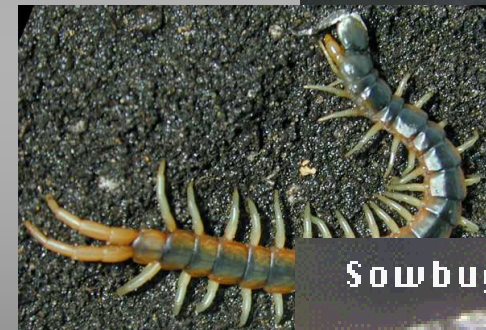
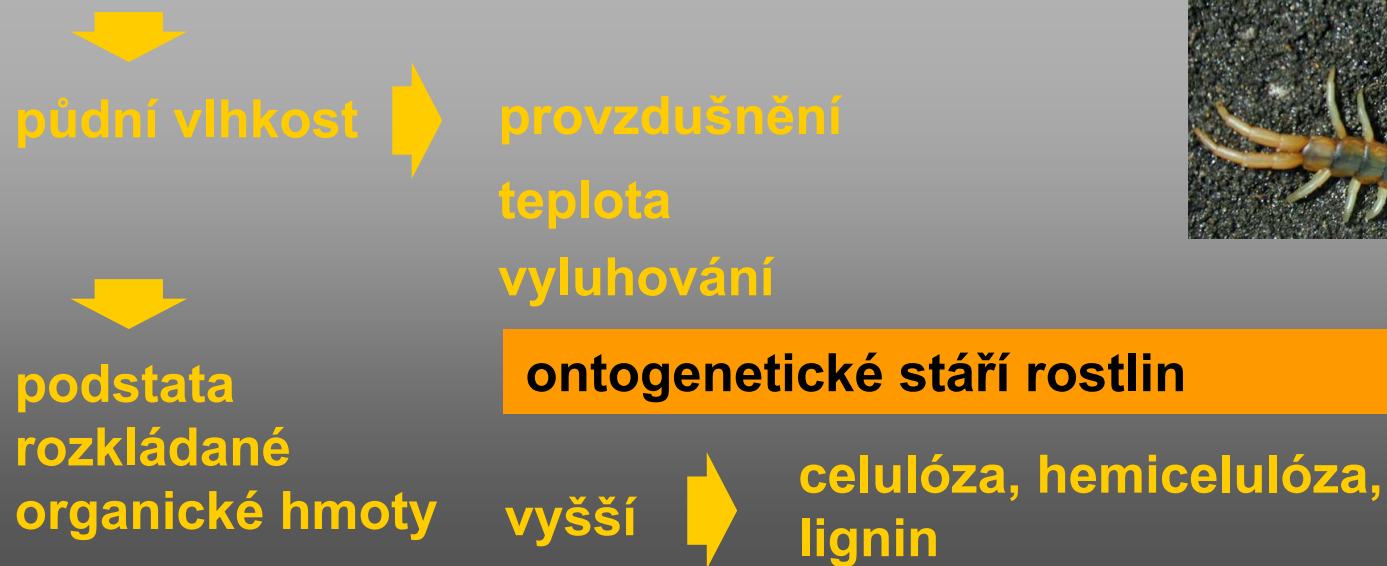
Rozklad organické složky (humifikace)



Chemoheterotrofní organismy

- fytofágové
- zoofágové
- saprofágové

Kvantita + kvalita organického substrátu

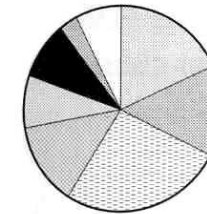


3. Procesy přeměn

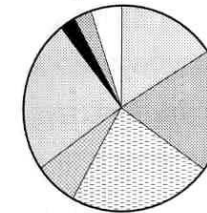


Příklad: *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*. Celková váha lesního humusu: cukry 15 %, hemicelulóza 15 %, celulóza 20 %, lignin 40 %, vosky 5 %, fenoly 5 %. **První rok:** cukry (99 %), hemicelulóza (90 %), celulóza (75 %), lignin (50 %), vosky (25 %), fenoly (10 %).

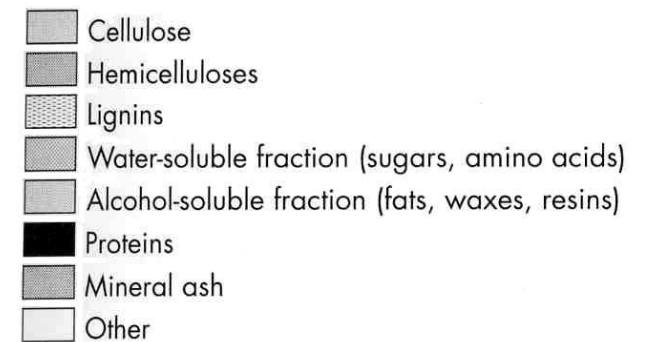
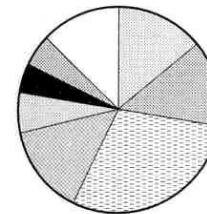
Green pine needles



Old pine needles



Oak leaves



3. Procesy přeměn

Dekompozice humusu

- **Fáze Ia** – primární dekompozitoři (larvy brouků, stonožky, mnohonožky, v tropických půdách termity) drtí a fyzikálně rozkládají humusový detrit
- **Fáze Ib** – primární dekompozitoři (saprofytické houby, protozoa), kteří mají velký rozsah mimobuněčných enzymů, rozkládají vnější ochranné tkáně
- **Fáze II** – sekundární dekompozitoři (většina půdních mikroorganismů, saprofytické bakterie, dekompozitoři exkrementů) rozkládají další organické látky
- **Fáze III** – odumřelá těla a exkrementy z fází I a II tvoří základ pro rozkladnou činnost dalších dekompozitorů v hierarchii

Hodnota pH humusu a organických horizontů

Nerozložené organ. horizonty

➔ nízké pH



tundrový humus



nízká dekompoziční rychlost ➔ pH < 4,5

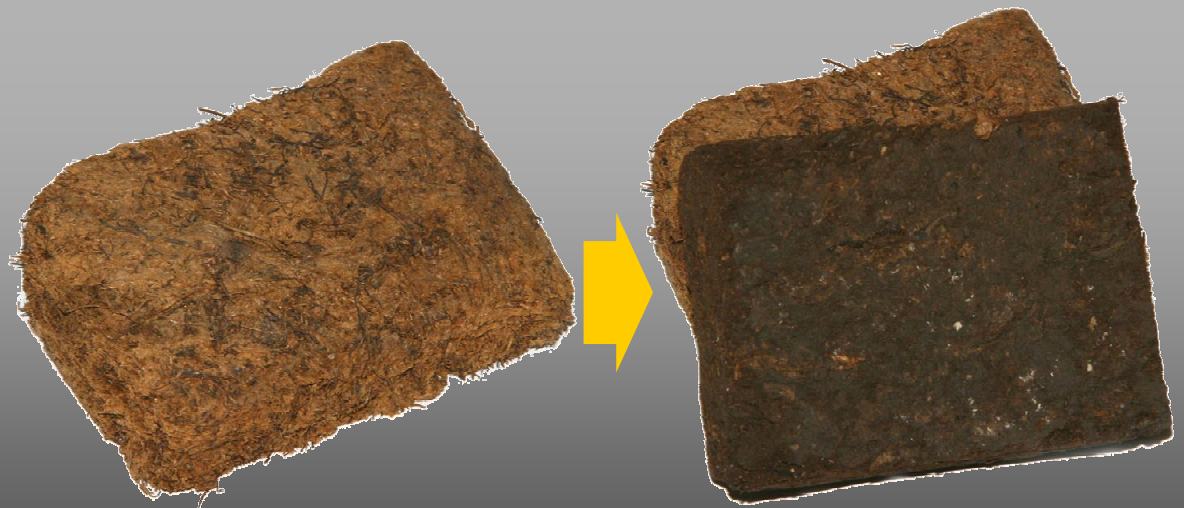
3. Procesy přeměn

Terénní klasifikace dekompozice rašeliny

- **H1 – zcela nerozložené rostlinné zbytky.** Třením v dlani → čistá voda.
- **H2 – prakticky nerozložené rostlinné zbytky.** Třením v dlani → téměř čistá, žlutohnědě zbarvená voda.
- **H3 – nepatrně rozložená rašelina.** Třením v dlani → tmavě zbarvená voda, rašelina (velmi vláknitá masa), nevystupuje mezi prsty.
- **H4 – slabě rozložená rašelina.** Třením v dlani → tmavě zbarvená suspenze půdních částic a vody. Rostlinné zbytky nepatrně rozdrolené.
- **H5 – poněkud rozložená rašelina.** Struktura rostlinných zbytků – viditelná okem, zbytky - rozdrolenější. Rašelina nepatrně proniká mezi prsty. Třením v dlani → voda s velkým množstvím suspendovaných půdních částic.
- **H6 – celkem dobře rozložená rašelina.** Struktura rostlinných zbytků - nejasná. Třením v dlani → mezi prsty neproniká více než 1/3 odebraného vzorku. Zbytek v dlani - rozdrolená a kyprá, struktura rostlinných zbytků v dlani - lépe patrná než u vlhkého nerozetřeného vzorku.
- **H7 – dobře rozložená rašelina.** Struktura rostlinných zbytků – částečně rozeznatelná. Třením v dlani mezi prsty proniká přibližně polovina vzorku.

3. Procesy přeměn

- **H8 – velmi dobře rozložená rašelina.** Struktura rostlinných zbytků – velmi nejasná. Třením v dlani mezi prsty pronikají přibližně 2/3 vzorku.
- **H9 – téměř úplně rozložená rašelina.** Struktura rostlinných zbytků – vidět pouze výjimečně. Třením v dlani většina vzorku proniká mezi prsty jako homogenní směs vody a půdy.
- **H10 – zcela rozložená rašelina** - bez rozeznatelných rostlinných zbytků. Třením v dlani proniká celý vzorek mezi prsty jako homogenní masa.



3. Procesy přeměn

Nasáknutí
vodou



redukční reakce
rozklad organické
složky

1. redukce NO_3^- začíná před kompletním odstraněním O_2 . $\text{Mn}^{4+} \rightarrow \text{Mn}^{3+}$ během redukce O_2 a NO_3^-
2. $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ - nevyskytuje se, dokud jsou přítomny O_2 nebo NO_3^- . Redukce NO_3^- , Mn^{4+} a Fe^{3+} - vlivem **PoAB**
3. redukce SO_4^{2-} na S_2 (obvykle na FeS_2 nebo H_2S) **PrAB**, v půdě kompletní absence O_2 , NO_2^- a NO_3^-
4. tvorba metanu CH_4 až poté, co byla většina SO_4^{2-} redukována na sulfid

- podmínky vhodné pro oglejení a glejový proces (glejizaci)
- změna v pH
- pomalá anaerobní dekompozice (pouze 1/3 účinnosti aerobního rozkladu)
- produkce toxických látek
- vliv reduk. podm. na zadržování, přeměny a ztráty původ. rostl. živin

PoAB



podmíněně anaerobní
bakterie

PrAB



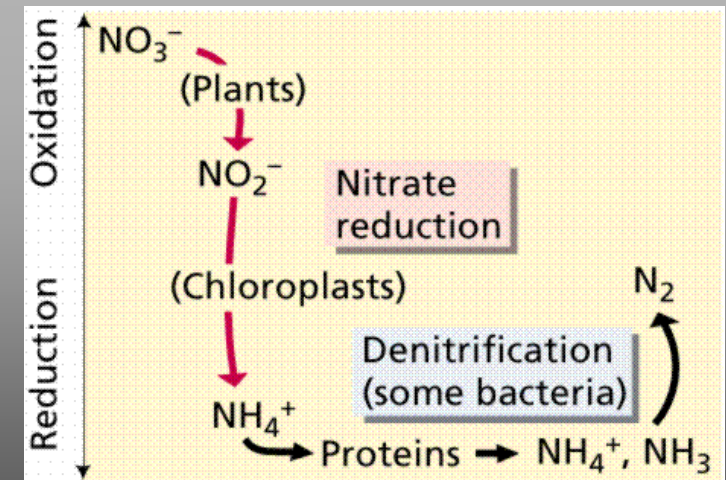
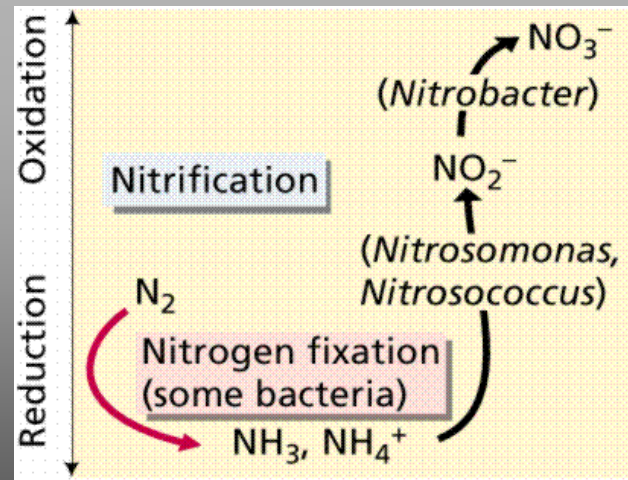
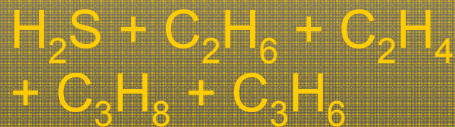
pravé anaerobní
bakterie

3. Procesy přeměn

Pomalý rozklad uhlíkatých sloučenin

- nedostatek elektronových akceptorů pro dýchací proces
- tvorba konečných produktů v podobě H_2S nebo etylenu C_2H_4 , které jsou toxické vůči půdním mikroorganismům
- přítomnost vyšších koncentrací mastných kyselin (např. kyselina octová, CH_3COOH), které utlumují mikrobiální činnost, zvláště při nízkém pH
- vodou nasáklé půdy jsou obvykle chladnější → pomalejší mikrobiální aktivita, nižší pH, méně variabilní populace dekompozitorů

karbohydráty



3. Procesy přeměn

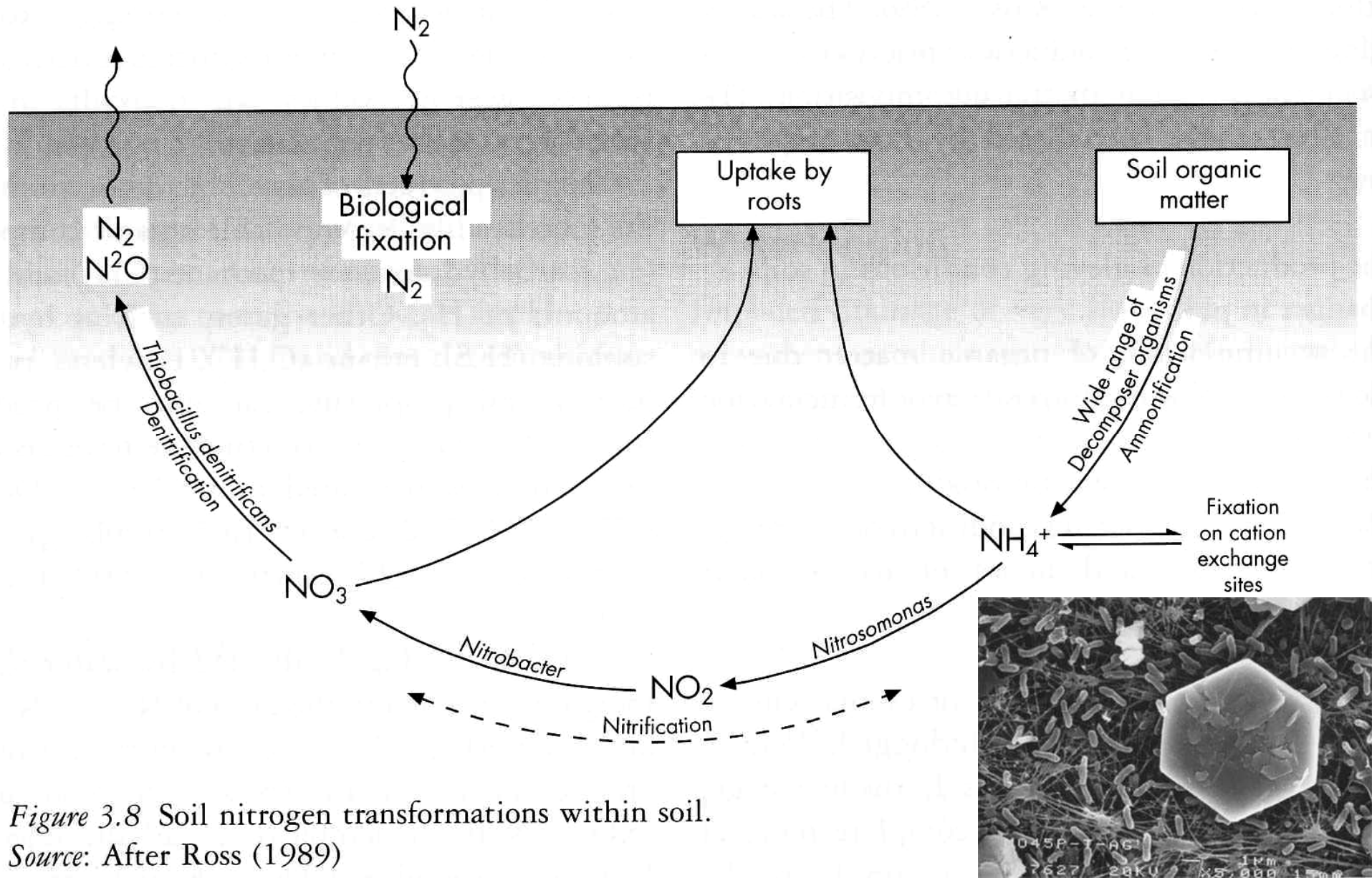


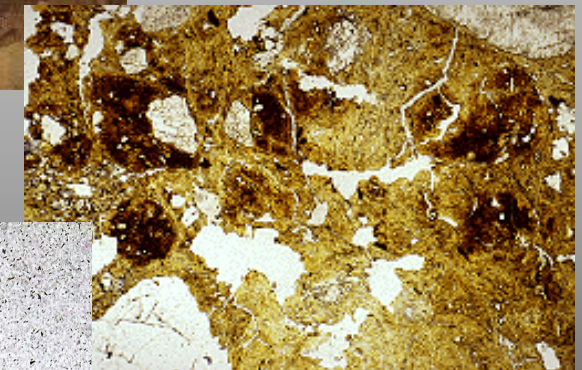
Figure 3.8 Soil nitrogen transformations within soil.

Source: After Ross (1989)

3. Procesy přeměn

Oglejení – glejový proces (glejizace)

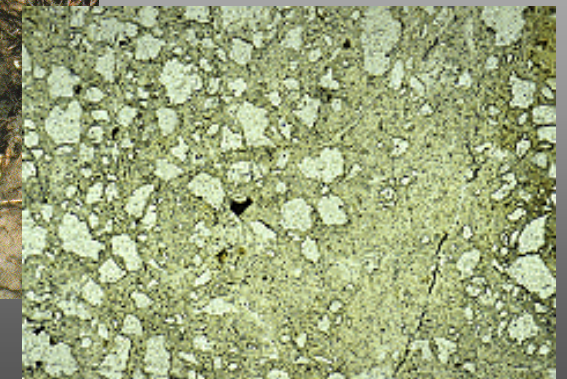
- **oglejení** – periodické převlhčení povrchovou vodou, střídání redukčních a oxidačních pochodů v půdě při střídavém převlhčování a vysychání svrchních půdních vrstev. Uvolňování sloučenin železa, v době vysychání → vysrážení konkrecí (železité bročky) a jiných novotvarů. Přítomnost oranžově-hnědých skvrn (Fe^{3+} - hydroxidy železa - lepidokrokit + goethit). Silné oglejení → mramorované horizonty



znaků oglejení do hloubky obvykle ubývá

3. Procesy přeměn

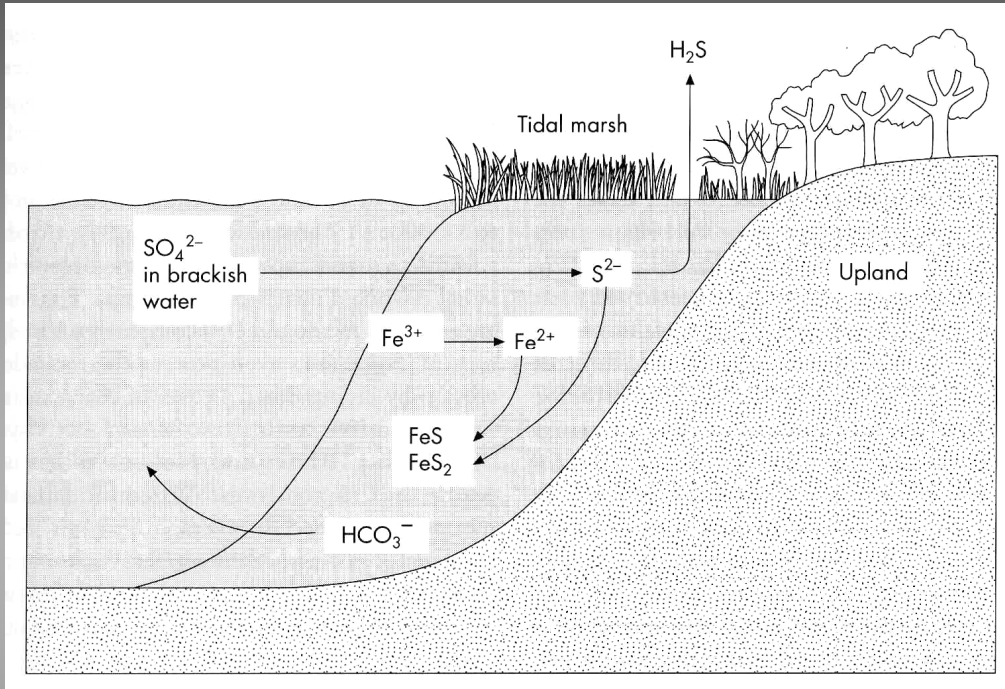
- **glejový proces** – trvale zvýšená hladina podzemní vody, redukce železa, příp manganu (anaerobní podmínky), současné zvýšení obsahu organických látek a rozkladu prvotních minerálů vlivem vysoké půdní kyselosti. Zajílení, šedá, zelenavá nebo namodralá barva zeminy, (přítomnost Fe^{2+} , \pm rozptýlený vivianit). Při slabším uplatnění tohoto procesu → střídání redukčních a oxidačních pochodů → rezivé skvrny



znaků glejového procesu do hloubky přibývá

3. Procesy přeměn

Sulfidizace



Redukce síry – estuárové a mořské půdy, → obohacení sírou ze sulfátů v mořské vodě. Obsah síry v marších vzrůstá se vzrůstající masou organické složky

Zrání půd (zamokřené půdy)



zastavení přínosu vody

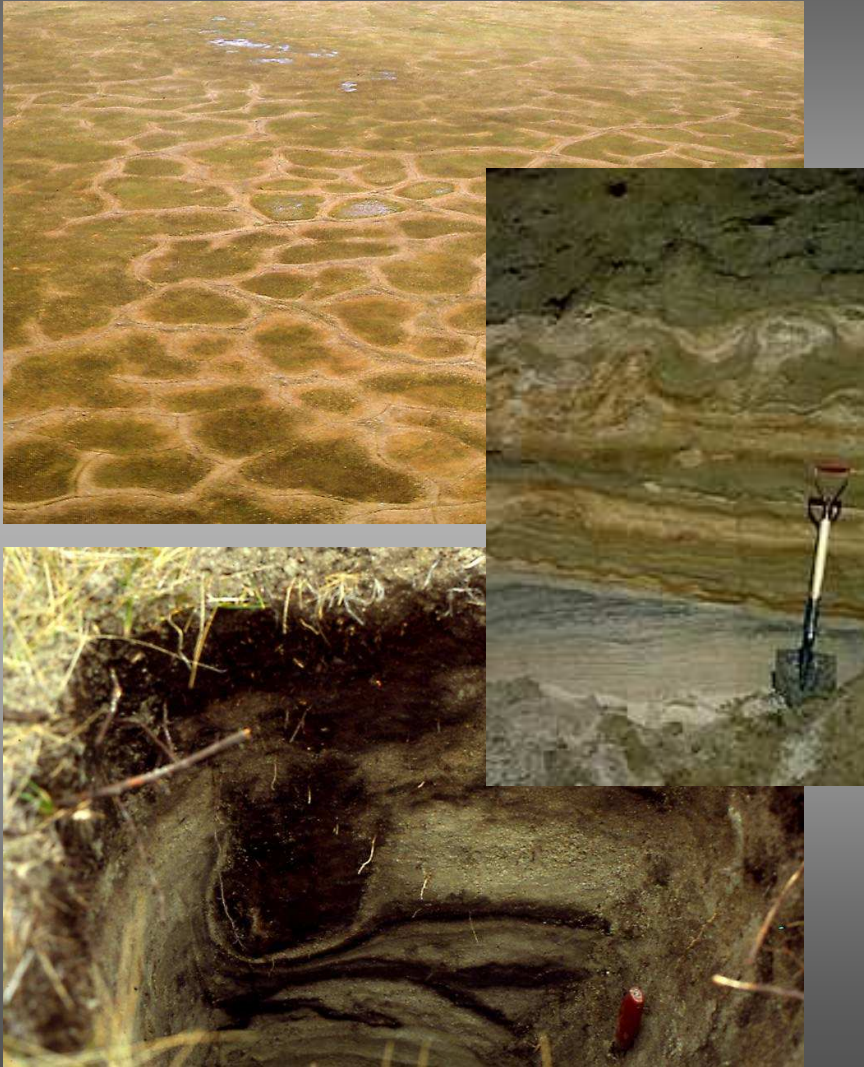


vysychání

- **fyzikální** – pukliny, vzduch, oxidace
- **chemické** – oxidace organ. složky, Fe a Mn
- **biologické** - bioturbace

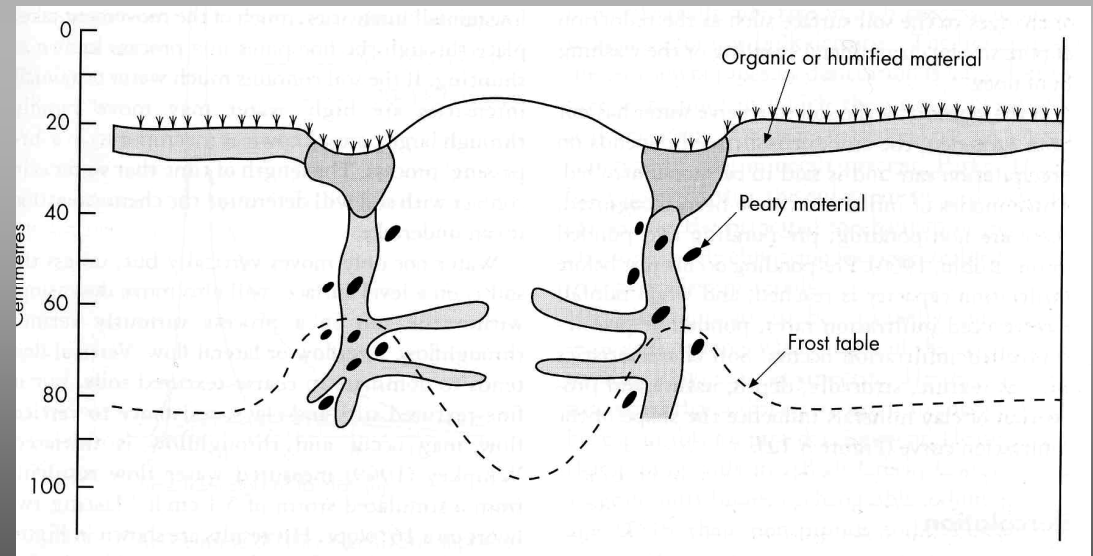
4. Procesy přenosů

Procesy přenosů



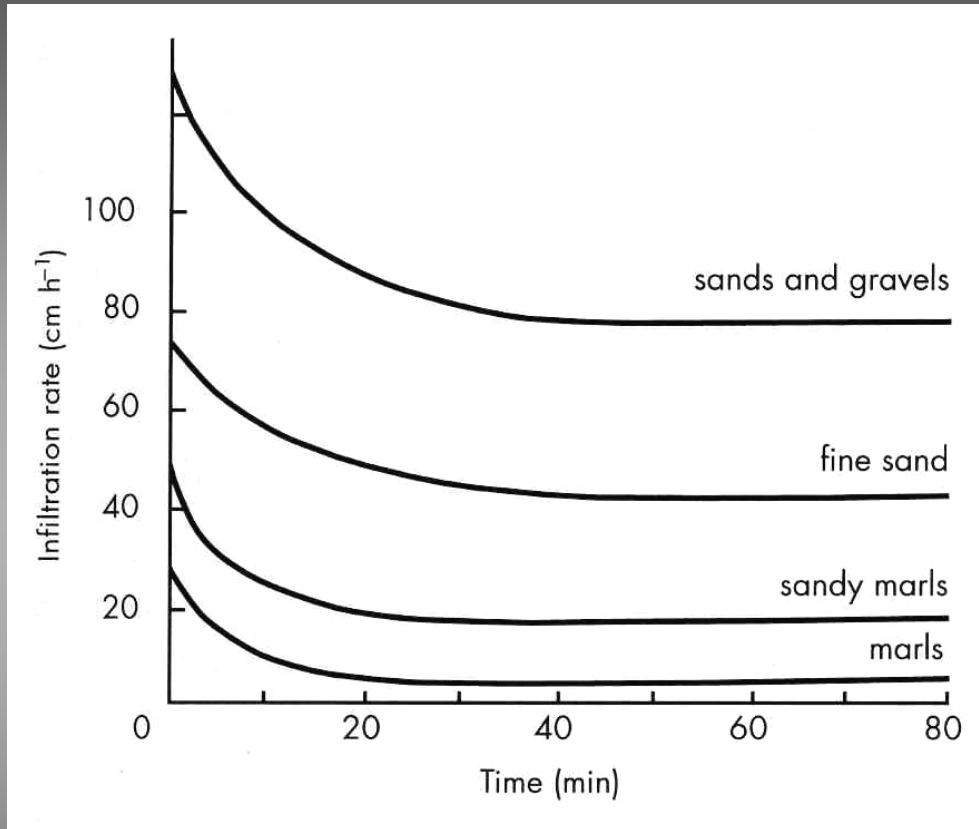
Pedoturbace

- **bioturbace** – 95 % v povrch. vrstvách
- **argilipedoturbace** – bobtnání + smršťování půdy
- **kryoturbace** – vytváření řady struktur (např. involuce)

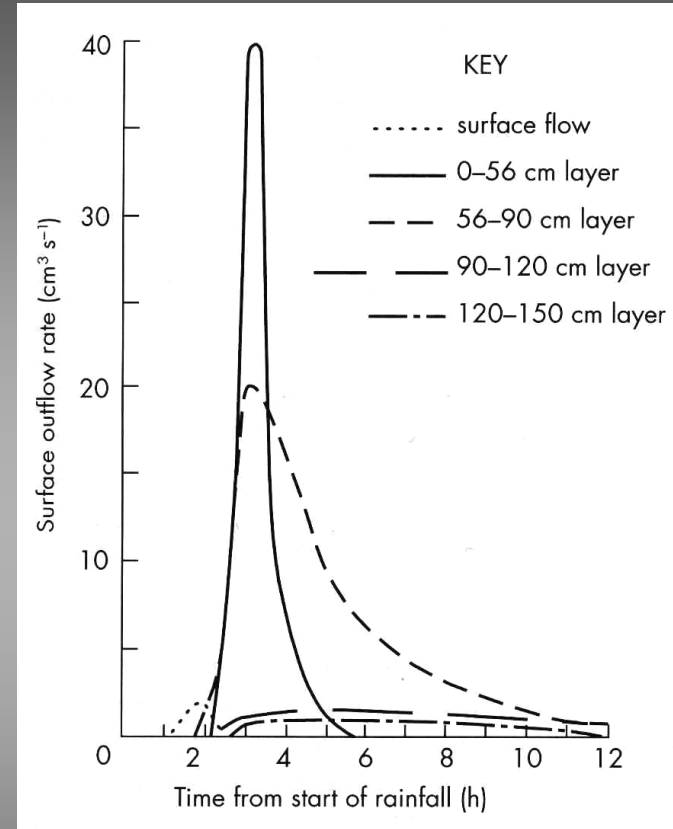


4. Procesy přenosů

Infiltrace



Perkolace (propustnost, průsak)



„václové póry“ - extrémní případy pórů
(až 0,6 m v průměru)

eluvie + vysoušení + jílové minerály

4. Procesy přenosů

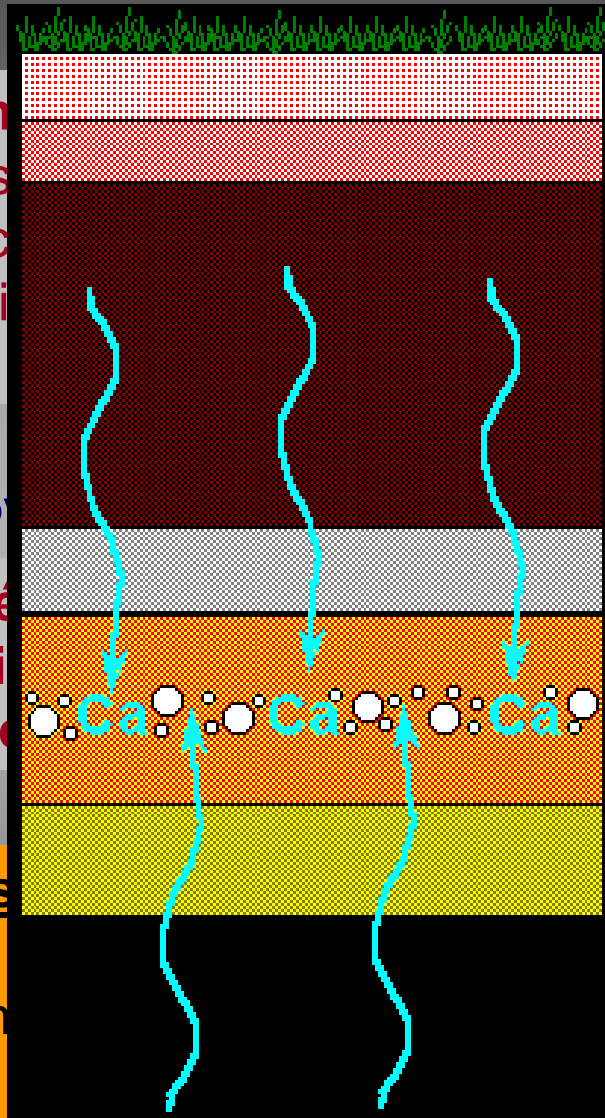
Eluviace

1. Vyluhování
rozpuštěných solí
snížení nasycení
komplexu kationtů
alkálií

stadia vyluhování

- eubazické
- mezobazické
- oligobazické

Klima + substrát
perhumidní s
propustné a m
substráty.



2. Deasalinizace (slancování) -
vyluhování rozpustných solí ze svrchní
části půdy, častá tvorba horizontů jejich
akumulace ve spodní části profilu.
Vyloužení solí → translok. jílu

Klima + substrát – subhumidní klima
nebo promyvné závlahy, pokles
podzemních vod, substráty obsahující
rozpuštěné soli

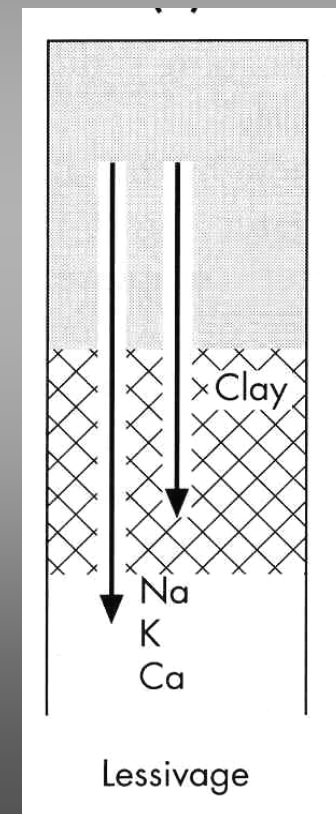
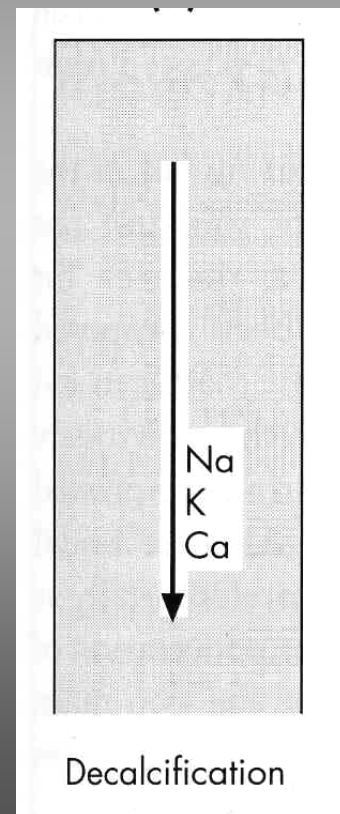
3. Dekarbonizace - rozpouštění
karbonátů, hlavně CaCO_3 a MgCO_3 a
jejich vyluhování ze svrchní části
půdního profilu, často s tvorbou
horizontů jejich akumulace ve spodině

4. Procesy přenosů

Klima + substrát – subhumidní až humidní klima, Ca + Mg bohaté silikáty nebo karbonátové substráty

4. Illimerizace (lessivace) - posun jílových minerálů, především vysokodisperzních typu 2:1 a s nimi i oxidů Fe (s nízkým poměrem amorfních forem nesilikátového Fe) a s malým množstvím organických látek. Illimerizace probíhá za slabě kyselé reakce po odvápnění profilu a po snížení koncentrace dvojmocných kationtů v půdním roztoku. Procesy: sialitizace, vyluhování, translokace karbonátů, oglejení (slabé).

Klima + substrát – mírné až tropické klima, vlhké, periodické prosychání, lehké až středně těžké substráty s dostatkem jílu, subtropy až tropy → těžké kaolinitické kůry zvětrávání



4. Procesy přenosů



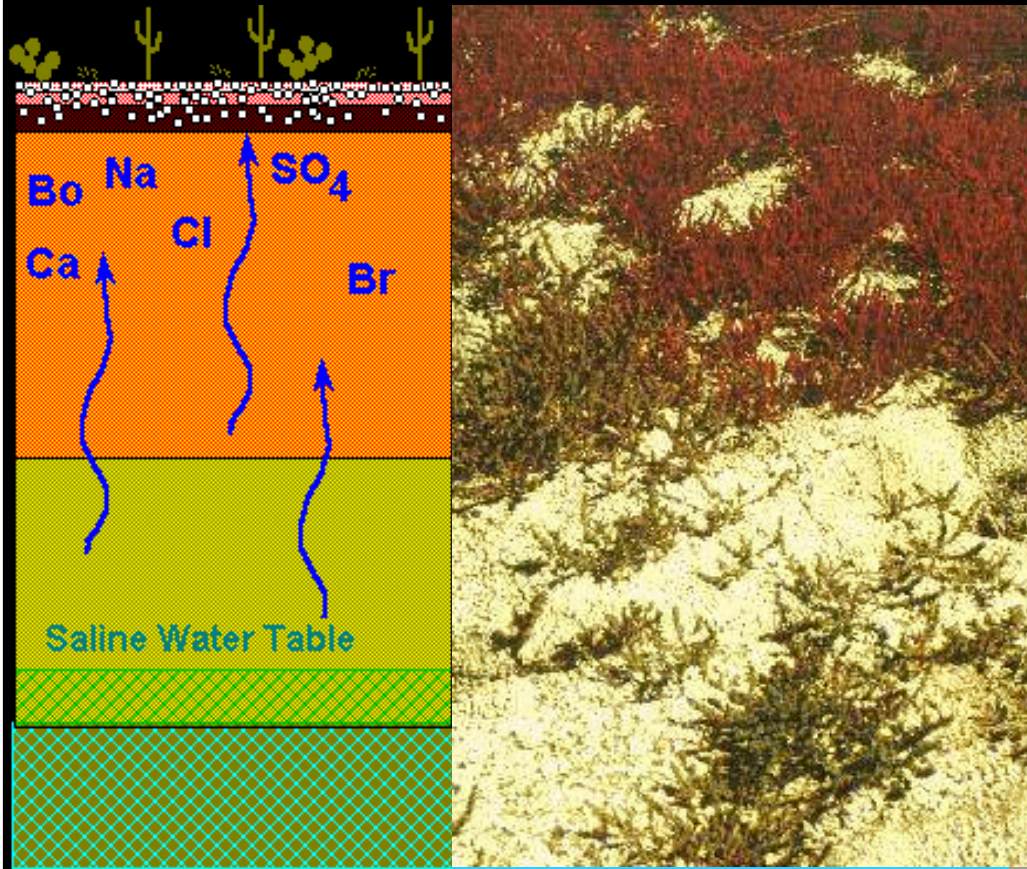
Organická teorie tvorby podzolů

- tvorba mobilních organických složek rozkladem povrchového humusu a půdní organické složky
- imobilizace mobilních organických složek vytvořením komplexních sloučenin s Al a Fe (žádné migrace dolů)
- při nedostatečném množství Al a/nebo Fe → vznik komplexů s mobilní organickou složkou + transport dolů

Imobilizace organo-minerálních komplexů

- snížení mocnosti elektrické dvojvrstvy (zvýšená koncentrace iontů alkalických zemin; tvorba chelátových vazeb s kationty s vyšším oxidačním číslem)
- vysoušení, při kterém dochází ke kontrakci elektrické dvojvrstvy a tvorbě protonových můstků

4. Procesy přenosů



- **Fáze II** – negativně nabité organické koloidy migrují profilem, vysrážení na oxidech Fe a Al a na alofánech hlouběji v profilu, v horizontu Bh

Iluviace (obohacování)

- opak eluviace – vysrážení eluviací vyluhovaných součástí v určité vrstvě v profilu

Solončakování

- vnášeny lehce rozpustné soli – sírany, uhličitany a chloridy jednomocných kationtů, především Na^+ . Mírné pásmo - vzlínání silně mineralizované podzemní vody v aridnějším klimatu